

**This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

**Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.**

**Defects in the images may include (but are not limited to):**

- **BLACK BORDERS**
- **TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- **FADED TEXT**
- **ILLEGIBLE TEXT**
- **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- **COLORED PHOTOS**
- **BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS**
- **GRAY SCALE DOCUMENTS**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-247615

(43)Date of publication of application : 14.09.1999

(51)Int.Cl.

F01D 5/30

(21)Application number : 10-360431

(71)Applicant : UNITED TECHNOL CORP &lt;UTC&gt;

(22)Date of filing : 18.12.1998

(72)Inventor : WALKER HERBERT L  
HILTON STEPHEN A  
BARBIERI JOANN  
FOURNIER JOHN P  
TRASK RICHARD D

(30)Priority

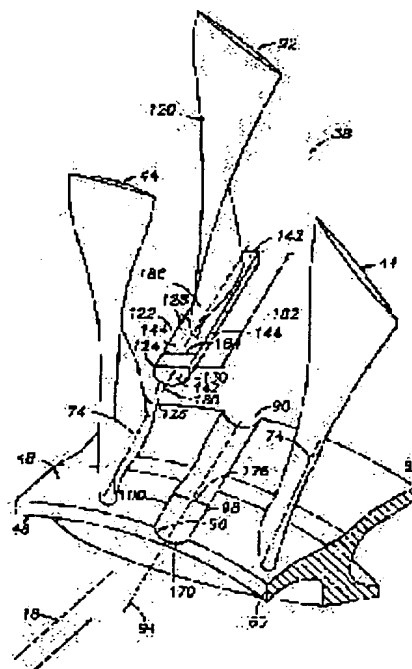
Priority number : 97 994769 Priority date : 19.12.1997 Priority country : US

## (54) METHOD FOR CONNECTING BASE PART OF AIRFOIL TO DISK AND ASSEMBLY FORMED THEREBY

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an improved method for connecting the base part of an airfoil to the disk of the blade integrated rotor assembly of a gas turbine engine.

SOLUTION: In this method for connecting the base part 122 of an airfoil 120 to the disk of the blade integrated rotor stage of a gas turbine engine, a slot partitioned by a recessed surface 96 is arranged in the disk provided with a radial outside rim part 46, and the airfoil 120 is used which has a base part having a root part 126 provided with a root part surface 130 and extended in a longitudinal direction. The root part surface 130 and the recessed surface 96 are brought into contact with each other and pressed, and the base part 122 and the rim part 46 are relatively moved, thereby the root part 126 and the recessed surface 96 are substantially brought into contact with each other over the area of the recessed surface 96 during welding. Hereby, a successive linear frictional welding part can be obtained between the base part 122 and the rim part 46.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-247615

(43) 公開日 平成11年(1999) 9月14日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

F 0 1 D 5/30

識別記号

F I

F 0 1 D 5/30

審査請求 未請求 請求項の数34 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平10-360431

(22) 出願日 平成10年(1998)12月18日

(31) 優先権主張番号 08/994769

(32) 優先日 1997年12月19日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 590005449

ユニテッド テクノロジーズ コーポレ  
イションUNITED TECHNOLOGIES  
CORPORATIONアメリカ合衆国, コネチカット 06101,  
ハートフォード, ユナイテッド テクノロ  
ジーズ ビルディング

(72) 発明者 ハーバート エル. ウォーカー

アメリカ合衆国, コネチカット, グラスト  
ンベリー, ボウルダー サークル 82

(74) 代理人 弁理士 志賀 富士弥 (外2名)

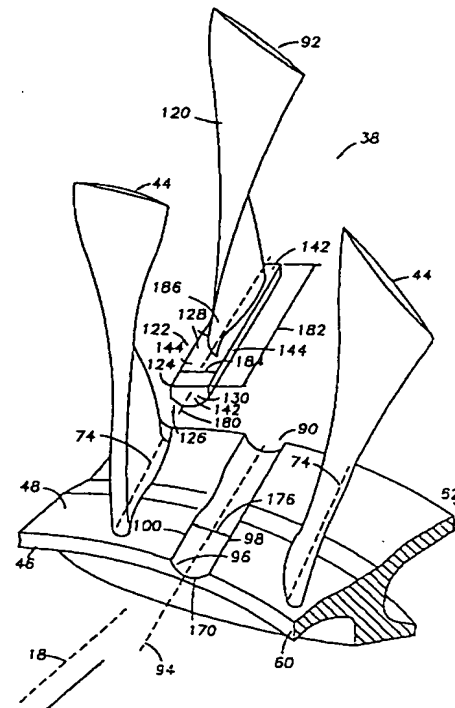
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 エアフォイルの基部とディスクとを結合させるための方法及びこの方法によって形成されたアセンブリ

(57) 【要約】

【課題】 ガスタービンエンジンのブレード一体型ロータアセンブリのディスクにエアフォイルの基部を結合するための改善された方法を提供する。

【解決手段】 ガスタービンエンジンのブレード一体型ロータ段のディスク42にエアフォイル120の基部122を結合させるための方法は、径方向外側リム部46を備えたディスク42に、凹面96によって画定されるスロット部を設け、根部面130を備えた長手方向に延びる根部126を有する基部を有するエアフォイルを用いる。根部面130と凹面96とを接触させ、圧力を加えとともに基部122とリム部46とを相対的に移動させることによって、溶接中に凹面96の領域にわたって根部126と凹面96とを実質的に接触させ、これにより、基部122とリム部46との間で連続的な線形摩擦溶接部を得ることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ガスタービンエンジンにおけるブレード一体型ロータ段用のディスクとエアフォイルの基部とを結合させるための方法であって、

ブレード一体型ロータ段の前記ディスクを用い、前記ディスクは、径方向外側面を有する径方向外側リム部を有し、この径方向外側リム部は、長手方向軸を有するスロット部を有し、該径方向外側面は、該スロット部に隣接した部分を有し、該スロット部は、凹面によって画定されており、

前記エアフォイルの基部を用い、このエアフォイルの基部は、該エアフォイルを支持するための長手方向に延びる支持部の反対側に面する長手方向に延びる根部を有し、この根部は、根部面を備え、該支持部は、外側面を備え、この外側面は、側方端を有し、

前記基部における前記根部の前記根部面と前記スロット部を境界づける前記凹面とを接触させ、

前記基部と前記リム部との間に圧力を加えるとともにこれらの部材を相対的に移動させることによって、前記凹面の領域にわたって該根部面と該凹面とが実質的に接触するようにし、これにより、前記基部と前記リム部との間で実質的に連続する線形摩擦溶接部が得られることを特徴とする方法。

【請求項 2】 前記リム部における前記径方向外側面の前記隣接部と実質的に同一面でない前記外側面の前記側方端を、前記リム部における前記径方向外側面の前記隣接部と実質的に同一面となるように形成することを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】 前記基部と前記リム部との間に圧力を加えるととともにこれらの部材を相対的に移動させることによって、前記外側面の前記側方端が、前記リム部の前記径方向外側面の隣接部と実質的に同一面となることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 4】 前記エアフォイルは、前記基部と一体となっていることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 5】 前記スロット部は、少なくとも実質的かつ区分的に滑らかな形状の断面を有することを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 6】 前記スロット部の前記断面は、175度以下の角度を有する角部を含まないことを特徴とする請求項 5 記載の方法。

【請求項 7】 前記径方向外側リム部に前記スロット部を機械加工することが含まれることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 8】 前記リム部は、2つの端部を備え、前記スロット部は、前記端部の一方から他方へと長手方向に延びることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 9】 前記凹面は、前記リム部の径方向外側面に対する傾斜角を有し、この傾斜角は、約45度以下であることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 10】 前記凹面は、前記リム部の径方向外側面に対する傾斜角を有し、この傾斜角は、約20度以下であることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 11】 前記スロット部は、実質的に滑らかな湾曲形状の断面を有することを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 12】 前記スロット部は、円筒面形状であることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 13】 前記基部の前記長手方向軸は、前記エアフォイルの翼弦と実質的に平行であることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 14】 前記基部の前記長手方向軸は、前記エアフォイルの基部の翼弦と実質的に平行であることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 15】 前記リム部は、二つの端部を有し、前記スロット部は、前記端部の一方から他方へと長手方向に延び、前記凹面は、前記リム部の前記径方向外側面に対する傾斜角を有し、この傾斜角は45度以下であり、前記スロット部は、実質的に滑らかな湾曲形状を有する断面を備えていることを特徴とする請求項 2 記載の方法。

【請求項 16】 前記リム部は、二つの端部を有し、前記スロット部は、前記端部の一方から他方へと長手方向に延び、前記凹面は、前記リム部の前記径方向外側面に対する傾斜角を有し、この傾斜角は45度以下であり、前記スロット部は、実質的に滑らかな湾曲形状を有する断面を備えていることを特徴とする請求項 3 記載の方法。

【請求項 17】 前記リム部は、二つの端部を有し、前記スロット部は、前記端部の一方から他方へと長手方向に延び、前記凹面は、前記リム部の前記径方向外側面に対する傾斜角を有し、この傾斜角は45度以下であり、前記スロット部は、実質的に滑らかな湾曲形状を有する断面を備えていることを特徴とする請求項 4 記載の方法。

【請求項 18】 ガスタービンエンジンにおけるブレード一体型ロータ段用のディスクとエアフォイルの基部とを含む一体型アセンブリであって、

ブレード一体型ロータ段の前記ディスクを用い、前記ディスクは、径方向外側面を有する径方向外側リム部を有し、この径方向外側リム部は、長手方向軸を有するスロット部を有し、該径方向外側面は、該スロット部に隣接した部分を有し、該スロット部は、凹面によって画定されており、

前記エアフォイルの基部を用い、このエアフォイルの基部は、該エアフォイルを支持するための長手方向に延びる支持部の反対側に面する長手方向に延びる根部を有し、この根部は、根部面を備え、該支持部は、外側面を備え、この外側面は、側方端を有し、

前記基部における前記根部の前記根部面と前記スロット

部を境界づける前記凹面とを接触させ、前記基部と前記リム部との間に圧力を加えるとともにこれらの部材を相対的に移動させることによって、前記凹面の領域にわたって該根部面と該凹面とが実質的に接触するようにし、これにより、前記基部と前記リム部との間で実質的に連続する線形摩擦溶接部が得られるようにした方法によって製造されたことを特徴とするアセンブリ。

【請求項 1 9】 前記方法に、前記リム部における前記径方向外側面の前記隣接部と実質的に同一面でない前記外側面の前記側方端を、前記リム部における前記径方向外側面の前記隣接部と実質的に同一面となるように形成することが含まれることを特徴とする請求項 1 8 記載のアセンブリ。

【請求項 2 0】 前記方法において、前記基部と前記リム部との間に圧力を加えるととともにこれらの部材を相対的に移動させることによって、前記外側面の前記側方端が、前記リム部の前記径方向外側面の隣接部と実質的に同一面となることを特徴とする請求項 1 8 記載のアセンブリ。

【請求項 2 1】 前記エアフォイルは、前記基部と一体となっていることを特徴とする請求項 1 8 記載のアセンブリ。

【請求項 2 2】 前記スロット部は、少なくとも実質的かつ区分的に滑らかな形状の断面を有することを特徴とする請求項 1 8 記載のアセンブリ。

【請求項 2 3】 前記スロット部の前記断面は、1 7 5 度以下の角度を有する角部を含まないことを特徴とする請求項 2 2 記載のアセンブリ。

【請求項 2 4】 前記径方向外側リム部に前記スロット部を機械加工することが含まれることを特徴とする請求項 1 8 記載のアセンブリ。

【請求項 2 5】 前記リム部は、2 つの端部を備え、前記スロット部は、前記端部の一方から他方へと長手方向に延びることを特徴とする請求項 1 8 記載のアセンブリ。

【請求項 2 6】 前記凹面は、前記リム部の径方向外側面に対する傾斜角を有し、この傾斜角は、約 4 5 度以下であることを特徴とする請求項 1 8 記載のアセンブリ。

【請求項 2 7】 前記凹面は、前記リム部の径方向外側面に対する傾斜角を有し、この傾斜角は、約 2 0 度以下であることを特徴とする請求項 1 8 記載のアセンブリ。

【請求項 2 8】 前記スロット部は、実質的に滑らかな湾曲形状の断面を有することを特徴とする請求項 1 8 記載のアセンブリ。

【請求項 2 9】 前記スロット部は、円筒面形状であることを特徴とする請求項 1 8 記載のアセンブリ。

【請求項 3 0】 前記基部の前記長手方向軸は、前記エアフォイルの翼弦と実質的に平行であることを特徴とする請求項 1 8 記載のアセンブリ。

【請求項 3 1】 前記基部の前記長手方向軸は、前記エアフォイルの基部の翼弦と実質的に平行であることを特徴とする請求項 1 8 記載のアセンブリ。

【請求項 3 2】 前記リム部は、二つの端部を有し、前記スロット部は、前記端部の一方から他方へと長手方向に延び、前記凹面は、前記リム部の前記径方向外側面に対する傾斜角を有し、この傾斜角は 4 5 度以下であり、前記スロット部は、実質的に滑らかな湾曲形状を有する断面を備えていることを特徴とする請求項 1 9 記載のアセンブリ。

【請求項 3 3】 前記リム部は、二つの端部を有し、前記スロット部は、前記端部の一方から他方へと長手方向に延び、前記凹面は、前記リム部の前記径方向外側面に対する傾斜角を有し、この傾斜角は 4 5 度以下であり、前記スロット部は、実質的に滑らかな湾曲形状を有する断面を備えていることを特徴とする請求項 2 0 記載のアセンブリ。

【請求項 3 4】 前記リム部は、二つの端部を有し、前記スロット部は、前記端部の一方から他方へと長手方向に延び、前記凹面は、前記リム部の前記径方向外側面に対する傾斜角を有し、この傾斜角は 4 5 度以下であり、前記スロット部は、実質的に滑らかな湾曲形状を有する断面を備えていることを特徴とする請求項 2 1 記載のアセンブリ。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】 本発明は摩擦溶接を用いてエアフォイルとディスクとを結合する技術に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】 一般的なガスタービンエンジンは、圧縮セクションを通じて作動流体を導くための軸方向に延びる環状の流路と、燃焼セクションと、タービンセクションとを有する。圧縮セクション及びタービンセクションは、ブレードを備える複数のロータアセンブリをそれぞれ有し、各アセンブリは、ロータディスクの径方向外側周辺部に周方向に離間されるとともにこの部分に固定された複数のブレードを有する。

【0 0 0 3】 従来のブレードを含むロータアセンブリでは、ロータディスクは、その径方向外側周辺部に複数の軸方向スロット部を有する。それぞれのブレードは、根部、ブラットフォーム、及びエアフォイルを備える。ブラットフォームは、それぞれ反対の方向に面した面を有する。根部は、この一方の面に取り付けられ、エアフォイルは、他方の面に取り付けられる。スロット部及び根部は、相補的な形状となっており、通常は、タブテール形もしくはもみの木形である。根部は、スロット部と結合し、ブレードは、そこから径方向外向きに延びる。このタイプのロータアセンブリは、比較的重いので、ロータディスクは、この重いブレードによって生じる応力に対応するように十分に頑丈である必要があり、従って、

ロータディスクは重くなってしまう。

【0004】ブレード一体型のロータアセンブリ(integrally bladed rotor assembly-IBR)を形成するように、ブレードを接着や溶接によってロータディスクに固定することもできる。ブレード一体型のロータアセンブリの主な利点は、ブレードより延びるブレード根部またはブレードプラットフォームを設ける必要がないことが多いことである。エアfoilは、ロータディスクの径方向外側周辺部に直接固定することができる。このブレードには、ブレードより延びる根部及びブレードプラットフォームがないので、従来ブレードよりも軽いブレードとなる。ブレードが軽くなることによって、比較的硬くなく、かつ軽いロータディスクを使用することができ、ブレード一体型のロータアセンブリの総重量は、ブレードを含む従来のロータアセンブリに比べてかなり軽量となる。

【0005】ブレードをロータディスクに接着または溶接する所望の方法は、線形摩擦溶接によるものである。この方法では、ブレード上の面は、ディスク上の面と接触(接合)する。これらの接合面は、通常補足的な形状寸法即ち同様の長さ及び幅を有する。これらの2つの部分は、往復(前後)運動の即ちいうならば線形タイプの振動方式で互いにこすりあわされる。振動軸は、通常接合面の長手方向(縦方向)軸即ち端部から端部までとおおよそ整列されている。部材が互いにこすりあう時に、接合面を高圧下に置くために圧縮力が加えられる。接合面では、摩擦熱が発生し、各部材からの材料が熔融状態または望ましくは可塑状態に変化する。このような材料の一部は、それぞれ部材の間から流れてで(鑄り流(flash flow))、厚み即ち部材に圧力が加わる方向(接合面に垂直な方向)の寸法を徐々に減少させる。この工程が終了すると、鑄り流はなくなり、接合面では、それぞれの材料の残った可塑状態材料が冷却されて固体状に戻り、この材料が結合材として機能して2つの部材を結合される。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ロータディスクにブレードを線形摩擦溶接する方法は、2つの異なる方法によって行われている。第一の方法では、ロータディスクの周辺部に設けられたわずかに高くなった面即ちスタップ部にブレードの基部上の面を接合させる。振動軸は、ブレードの翼弦とおおよそ整列される。この方法は、多くの欠点を有する。スタップ部を備えたディスクの製造は、例えば5軸のミリングなどの複雑な機械加工を要し、このため困難でかつコストが高い。更に、このスタップ部の強度即ち線形摩擦溶接における耐性に関して多くの懸念がある。当初の部品の製造工程では、溶接工程に耐え得るのに十分な構造及び剛性をスタップ部に持たせるために、過大寸法の部材即ち余分な材料を設けることができる。その後、過剰な材料を除去して最終形状を

得るために複雑な(従って幾分コストが高い)機械加工が行われる。しかし、修理を行う場合には、損傷された部分を取り除くと、既に最終形状とされたスタップ部が露出してしまう。なんらかの追加手段を講じなければ、最終形状のスタップ部は、線形摩擦溶接に要する力に耐え得る十分な剛性を有しないおそれがある。

【0007】ギルバンクス等に付与された米国特許第5,366,344号に開示された第二の方法では、それぞれ反対側に面した収束面を備えた全体的にウェッジ形状の根部を有するブレードを、ディスクの周辺部に設けられた対向する分岐面を有する軸方向スロット部と接合させる。この方法も欠点を有する。この方法は、ブレード上に2つとディスク上に2つの計4つの接合面を要するので、2つの接合面のみを要するものよりも更にコストが高くかつ困難であり得る。更に、この方法では、溶接欠陥の原因となる不純物を含み得る鑄り材料がスロット部の底部に集積してしまう。この鑄り材料は、取り除くことができるが、このような作業はコストが高く、かつこの作業によってスロット部の基部に孔が残される。更に、軸方向のスロットを使用した場合には、エアfoilの翼弦がディスクに対するブレードの線形振動に干渉してしまうこともあり、いくつかの圧縮機ロータでは、この方法を使用することができないおそれがある。これに加えて、接合面は、圧縮力の方向に対して垂直ではないので、結合される接合面に十分な圧力を加えるためには、より大きな圧縮力が必要となり得る。

【0008】ベトリエ等に付与されたイギリス特許第1,053,420号(出願第32751号(11/8/64))は、ブレード一体型ディスクを開示しており、この一体型ディスクは、断面が曲線となった複数の軸方向の溝を周辺部にわたって含むディスクと、この溝に溶接によって固定された根部を有するブレードと、を含む。しかし、この特許では、線形摩擦溶接については触れていない。更に、この特許で開示された寸法を有するブレードを、軸方向の溝内で振動させると、隣接するブレードに干渉してしまう。この特許では、むしろ電子ビーム溶接によって根部を溝内に溶接することを提案している。電子ビームでは、溶接工程を通して、溶接されるそれぞれの構造は、互いに対して振動することなく互いに対して静止している点で線形摩擦溶接とは異なる。また、この特許に開示されたブレード一体型ディスクは、根部、プラットフォーム、及びエアfoilを有する従来のブレードを使用しており、ブレード一体型ロータアセンブリに求められる軽量であるという主な利点を有していない。更に、根部が延びることによって、プラットフォーム及びエアfoilがディスクの周辺部から径方向外向きに配置されている。

【0009】本発明の目的は、ガスタービンエンジンのブレード一体型ロータアセンブリの製造において使用される改善された方法を提供することである。

【0010】本発明の他の目的は、ガスタービンエンジンのブレード一体型ロータアセンブリのディスクにエアフォイルの基部を結合させるための改善された方法を提供することである。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明では、ガスタービンエンジンのブレード一体型ロータ段のディスクにエアフォイルの基部を結合させるための方法は、径方向外側面を備えた径方向外側リム部を有するディスクを用意することを含む。この径方向外側リム部は、凹面によって画定されるスロット部を有する。この方法は、更に、エアフォイルを支持するための長手方向に延びる支持部の反対側に面した長手方向に延びる根部を備えた基部を用意することを含む。上記根部は、根部面を備え、上記支持部は、外側面を備える。この方法は、また更に、根部の根部面と、スロット部を境界づける凹面と、を接触させ、圧力を加えるとともに基部とリム部とを相対的に移動させることによって、溶接中に、凹面の領域にわたって根部面と凹面とを実質的に接触させ、これにより、基部とリム部との間で実質的に連続的な線形摩擦溶接部を得ることを含む。

【0012】本発明は、ブレード一体型ロータ段を製造及び修理するために使用される改善された方法を提供する。スタップ部を用いた従来技術のものと異なり、本発明の方法は、当初の装置製造だけでなく、修理でも使用することができる。更に、線形摩擦溶接部は、エアフォイルではなくリム部内に設けられるため、溶接部にかかる応力はかなり少なくなる。このような応力は、例えば、好適実施例において、スタップ部を用いた従来技術の溶接部に比べてエンジン作動時に50%減少する。また、本発明では、線形摩擦溶接工程において、凹面の領域にわたって根部面と凹面とが実質的に接触するので、鋳造りがスロット基部に集積することが防止される。従って、それぞれ反対側に面した収束面を備える全体的にウェッジ形状の根部と対向する分岐面を有する軸方向のスロット部とを使用する従来方法よりも、基部とディスクとの間に形成される溶接部は、実質的に連続するとともに、不純物が少なく即ち高品質でかつ欠陥が少なくなる。更に、少なくとも実質的かつ区分的に滑らかな形状の断面または約45度以下の傾斜角を有する凹面を備えたスロット部を含む本発明の実施例では、更に高品質の接合部が形成される。実質的かつ区分的に滑らかな形状とは、ここでは、実質的に曲線状または角度を有する角部を備えることができる実質的かつ区分的に線形の断面をいうが、上記のような角部は少ないほど、またははっきりしないほどよい。また、好適実施例では、支持部の外側面は、ディスクの径方向外側面と実質的に同一平面となり、これにより、ブレードより延びた根部やブラットフォームを有する従来のブレードを使用する従来のブレード一体型ロータアセンブリよりも、かなり軽量のブ

レード一体型ロータを形成することが可能となる。更に、通常、隣接ブレード間にシールを設ける必要がなくなり、線形摩擦溶接の端部は、通常、流路内に位置する。

【0013】

【発明の実施の形態】本発明を、図1に示したタイプのガスタービンエンジンで使用するための好適実施例に関して説明する。図1を参照すると、従来のガスタービンエンジン10は、長手方向軸18を中心に配置されるとともにエンジンケース20に包囲された圧縮機12、燃焼器14、及びタービン16のそれぞれのセクションを含む。空気などの作動流体の一次流路22は、軸18を中心として長手方向に延びる。作動流体の二次流路24は、一次流路22に平行にかつその径方向外側で延びる。

【0014】圧縮機12は、ファン部28、低圧圧縮機30、高圧圧縮機32を含むことができる。ファン部28は、1つまたはそれ以上のブレード一体型ロータ段38を有するロータアセンブリ36を含む。

【0015】図2では、ブレード一体型ファンロータ段38は、ディスク42とブレード44とを含む。ディスク42は、径方向内側面47と径方向外側面48とを備える外側リム部46を有する。各ブレード44は、基部54と先端部56とを有するエアフォイルを含む。各エアフォイルは、その基部54でリム部46の径方向外側面48と接続され、ここから径方向外向きに延びる。ブレード44は、ディスク42に接続された複数のブレード44の内3つのみを示したものである。ディスク42は、更に、ガス流路22に対する上流端60と下流端62とを含む。ブレード44も、上流端64と下流端66とを有する。

【0016】ブレード一体型ロータ段38は、エアフォイルの表面とリム部46に近接するフィレット部70即ち半径を有する湾曲した角部を通常含む。このフィレット部70によって、エアフォイルとリム部46とが接続される部分での応力の集中が減少される。フィレット部70も、その基部72の表面がディスクリム部46に対して正接する部分で高い応力の集中が起こり得る。

【0017】複数の翼弦74は、それぞれ対応するエアフォイルの基部54の翼弦即ちエアフォイル基部54の上流端60と下流端62との間に引かれた線を示す。複数の翼弦74は、通常、長手方向軸18と同様の方向を有する。これらの翼弦74は、ディスクリム部46に対する翼弦の所望位置を示す対応する複数の翼弦線76上にそれぞれ位置する。

【0018】図2においては、ブレード一体型ロータ段38上の一つのエアフォイル44が、損傷された部分80を含む。このような損傷は、例えば異物（図示省略）即ちエンジン10（図1参照）に吸入された異物との衝突によって起こり得る。エンジンが最大の性能で作動す



ることができるようにブレード一体型ロータ段 38 を修理することが望ましい。

【0019】図 3 を参照すると、ブレード一体型ロータ段 38 を修理するための方法は、損傷されたエアfoil (図 2 参照) を取り除き、ディスクリム部 46 にスロット部 90 を形成し、このスロット部 90 に線形摩擦溶接される交換ブレード 92 を提供することを含む。スロット部 90 は、長手方向軸 94 を有し、ディスクリム部 46 の径方向外側面 48 と端部 98, 100 で交わる凹面 96 によって画定即ち境界づけられる。交換ブレード 92 は、基部 122 とエアfoil 120 とを含む。基部 122 は、エアfoil 120 を支持する外側面 128 を備えた支持部 124 と、上記外側面 128 と実質的に反対側に面した根部面 130 を備えた根部 126 と、を有する。

【0020】図 4 では、線形摩擦溶接の準備として、基部 122 の根部 126 がスロット部 90 (図 3 参照) 内に配置されている。根部面 130 は、凹面 96 と接触し、線形摩擦溶接のための初期接合面 132 を構成する。好適実施例では、初期接合面 132 は、それぞれの面の実質的に大部分を含むが、このことは必要な条件ではではない。

【0021】線形摩擦溶接は、基部 122 に圧縮力 134 及び振動性の力 136 を加えることによって開始される。圧縮力 134 は、ディスクリム部 46 の表面におおよそ垂直な方向に加えられる。振動性の力 136 は、スロット部 90 の長手方向軸 94 におおよそ平行な軸に沿って加えられる。これらの力によって、根部 126 と凹面 96 との間の接合面 132 に高い圧力が加わるとともに、リム部 46 に対して基部 122 が前後に振動される。接合面 132 では、摩擦熱が発生し、各部材からの材料が可塑状態に変化する。この材料の一部は、部材の間から鑄ばりとして流出し、これらの部材の厚みを徐々に減少させる。接合面 132 は、凹面 96 の実質的に全ての点を含むようになり、即ち根部面 130 と凹面 96 とは凹面 96 の領域にわたって実質的に接触するようになり、これにより、スロット部の基部で鑄ばりが集積することが防止される。この工程が終了すると、各部材の残った可塑状態材料は、冷却されて固体状に戻り、この材料が結合材として働いて上記 2 つの部材を結合させる。溶接中に、根部面 130 と凹面 96 とは、凹面 96 の領域にわたって実質的に接触するので、基部 122 とリム部 46 との間の溶接部は、実質的に連続するものとなる。

【0022】基部 122 は、線形摩擦溶接において交換ブレード 92 の保持位置として機能する長手方向に反対向きの一対の面 142 及び側面方向に反対向きの一対の面 144 を含むことができる。エアfoil 120 の変形や損傷を避けるために、エアfoil 120 ではなく、面 142, 144 で交換ブレードを保持することが

望ましい。長手方向に反対向きの面 142 は、振動性の力 136 (図 4 参照) に対して垂直な方向に設けられ、外側面 128 は、圧縮力 134 (図 4 参照) に対して垂直な方向に設けられ、また側面方向に反対向きの面 144 は、圧縮力 134 に対して平行に設けられる。

【0023】好適実施例では、基部 122 をディスク 42 に対して線形摩擦溶接するための装置は、(仮想線によって概略が示された) シャトル 150 と、(仮想線によって概略が示された) 固定された取付具 152 と、コンピュータ制御された線形摩擦溶接装置 (図示省略) を含む。シャトル 150 は、基部 122 を保持する。固定された取付具 152 は、リム部 46 を固定する。シャトル 150 と取付具 152 は共に線形摩擦溶接装置 (図示省略) に取り付けられている。シャトル 150 は、外側面 128、長手方向に反対向きの面 142、及び側面方向に反対向きの面 144 によって基部 122 を保持することが望ましい。シャトル 150 は、線形摩擦溶接装置から圧縮力 134 及び振動性の力 136 を受ける。シャトル 150 は、外側面 128 を通じて基部 122 に圧縮力 134 を伝達し、長手方向に反対向きの面 142 を通じて振動性の力 136 を基部 122 に伝達する。固定された取付具 152 は、リム部 46 が移動してしまうのを防ぐとともに線形摩擦溶接においてリム部 46 が損傷されるのを防止するようにこれを支持するためにこの部分をその径方向内側面 47、上流端 60、及び下流端 62 で固定及び支持するクラムシェルタイプであることが望ましい。

【0024】交換ブレード 92 が一旦リム部 46 に結合されると、ブレード 92 は、シャトルから外され、ブレード 44 と同様の最終形状に形成される。続いて図 5 を参照すると、仕上げ加工では、通常、外側面 128 とエアfoil 120 の面との間にフィレット部 160 が機械加工され、外側面 128 の側方端 162 がディスク 42 の径方向外側面 48 と実質的に同一の面となるように外側面 128 が機械加工される。フィレット部 160 の半径は、機械加工工程のコストをできる限り低く保つために均一であることが望ましい。エンジンの作動時には、このフィレット部 160 の基部 164 のディスクリム部 46 に正接する部分で高い応力の集中が起こり得る。

【0025】再び図 3 を参照すると、スロット部 90 は、端部断面 170 が実質的に滑らかな曲線形状となった円筒形状であることが望ましい。この円筒形状は、円状 (アーク状)、楕円状、及び放物線状のものを含むがこれらに限定されるものではない。これらの形状によって、接合を容易とする単一の連続面が形成される。アーク形状は、例えば円形の底部を備えたカッタを用いた三軸ミリング等のミリングによって比較的直線的に形成できる点で有利である。しかし、このスロット部は、他の適切な形状の端部断面を有することができ、このような

端部断面には、少なくとも実質的かつ区分的に滑らかな形状 110 (図 6 参照) も含まれる。次に図 6 を参照すると、実質的かつ区分的に滑らかな断面は、角度 174 を有する複数の角部 172 を含み得る実質的に曲線状もしくは実質的かつ区分的に線形の断面として定義されるが、角部 172 は、少ないほど、またはっきりしないほどよい。以下で説明するように、線形摩擦溶接における接合面 132 (図 4 参照) での圧力は、面の傾斜角 178 (図 7 参照) によって異なる。角部 172 は、二つの異なる傾斜角によって形成されるので、角部 172 の一方側にかかる圧力とその他方側にかかる圧力が大きく異なるおそれがある。この圧力差は、角部 172 における圧力の大きさの不連続性を示しており、このことは、溶接工程に影響を与え得る。不連続性の大きさ即ち圧力差が過剰であれば、欠陥が生じ得る。従って、角部 174 は、少なくとも 160 度の大きさに設けることが推奨される。160 度の角度を有する角部よりも 170 度の角度を有する角部が望ましく、更に 175 度の角度を有する角部がより望ましい。

【0026】図 3 を再び参照すると、スロット部 90 は、リム部 46 の上流端 60 から下流端 62 まで延びることが望ましい。スロット部 90 は、シャトル 150 (図 4 参照) 及び鑄ばりのために十分な間隙が確保されるように、隣接ブレード 44 から十分に離間して配置する必要がある。スロット部 90 の幅 176 は、フィレット部 160 の基部 164 の応力が高い領域と溶接部との距離が少なくとも確実にフィレット部 160 の半径と同じ大きさとなるように、十分に大きく設けられることが望ましい。十分な離間距離を設けることは、溶接部に過剰な応力の集中が確実に起こらないようにすることに寄与する。また、スロット部 90 は、浅いことが望ましい。

【0027】図 7 では、凹面 96 は、ディスク 42 のリム部 46 の径方向外側面 48 に対する傾斜角 178 を有する。線形摩擦溶接で要求される圧力の大きさは、この角度によって決まってくる。傾斜角 178 が大きければ大きいほど、線形摩擦溶接で十分な圧力を得るために必要となる圧縮力が大きくなる。傾斜角 178 は、45 度以下であることが望ましく、20 度以下であることがより望ましいが、適切な傾斜角は用途によって異なる。

【0028】再び図 3 を参照すると、基部 122 は、長手方向軸 180、長さ 182、及び幅 184 を有する細長い形状であることが望ましい。基部 122 の長手方向軸 180 は、交換ブレード 92 のエアfoil 120 における基部 122 の翼弦 186 と実質的に平行であることが望ましい。このような方向に設けることによって、基部 122 及びスロット部 90 の幅を最小とし、線形摩擦溶接のための表面積を減少させることができ、これにより、使用される圧縮力の大きさを最小とすることができる。また、このような方向決めにより、長手方向軸 1

80 が軸方向に即ちエンジン及びディスク 42 の長手方向軸 18 に対して平行に設けられた場合に比べて、交換ブレード 92 のエアfoil 120 と隣接ブレード 44 のエアfoil との間との間隙をより大きく保ちながら、リム部 46 に対して基部 120 を振動させることができる。エアfoil 間との間隙は、圧縮セクションに関する実施例において特に重要であり、このセクションでは、軸方向にスロット部を設けた場合には、ブレード 92 を線形摩擦溶接するための間隙が不十分となるおそれがある。

【0029】基部 122 とディスクリム部 46 とが、凹面 96 の上流端部及び下流端部を交互に露出させることなく、互いに対して振動することができるように、基部 122 の長さ 182 は、スロット 90 の長さよりも長いことが望ましい。上記端部が交互に露出することを防止することは、接合面 132 の上流及び下流の端部において質の高い結合を得ることに寄与する。基部 122 の幅 184 は、スロット 90 の幅にほぼ一致するように設けられることが望ましいが、実施例によっては、幾分大きなもしくは小さな幅に設けることもできる。根部 126 は、スロット部 90 の断面に実質的に一致する端部断面を有する形状であることが望ましい。凹面 96 及び根部面 130 は、溶接接合面 132 での実質的に均一な接合が容易となるとともに鑄ばりが部材の間から流れやすくなるような長手方向の輪郭を有することが望ましい。

【0030】交換ブレード 92 は、一体として製造されることが望ましい。ブレード 92 製造の望ましい方法には、従来から使用されている鍛造があり、この方法を用いてエアfoil とブロックとを有するブレードをまず形成することができる。ブロックは、続いて基部 122 を形成するように機械加工される。他の実施例では、エアfoil 120 と基部 122 とは、別々に製造された後に連結することができる。このような実施例では、基部 122 にエアfoil 120 を溶接して、続いてディスク 42 のリム部 46 に基部を溶接するかもしれないが、ディスク 42 のリム部 46 に基部を溶接して、続いて基部にエアfoil を溶接することができる。

【0031】リム部 46 に関連する必要条件には、種々のものがある。リム部 46 は、線形摩擦溶接に耐え得るのに十分頑丈であり、その温度がリム部 46 と固定された取付具 152 との間で溶接部即ち第二の溶接部となるような温度まで上昇することが確実にないように十分な質量を有することが必要である。これらの必要条件を満たすために、スロット部下部の上流及び下流の端部 60、62 におけるリム部 46 の厚みは、少なくとも 0.075 インチ (1.9 ミリ) であることが望ましく、少なくとも 0.125 インチ (3.2 ミリ) であることがより望ましい。好適実施例では、軽量化を図るために端部がテーパ状となった従来のディスクリム部とは異なり、リム部 46 を、その上流及び下流の端部 60、62

で実質的にテーパ状としないことによって上記厚みを得ることができる。

【0032】リム部46及び交換ブレード92に使用される材料は、例えば太さ、温度、応力、他の負荷、速度、修理の利便性などを含む用途設計基準を満たすようにその用途によって選択する必要がある。このような材料としては、チタン合金やニッケル合金が好ましい。線形摩擦溶接に必要な圧縮力の大きさも、リム部46及び交換ブレード92に使用される材料やこれらの寸法、及び接合面132の断面積を考慮して選択される必要がある。

【0033】次に、図8を参照すると、ブレード一体型ロータ段を修理する工程の第二の実施例では、交換ブレード200は、基部202及びエアフォイル204を含む。基部202は、エアフォイル204を支持する外側面208を備える支持部206と、外側面208と実質的に反対側に面する根部面212を備えた根部210と、を有する。根部210と根部面212は、上記で説明した根部126及び根部面130（図3参照）と実質的に同じである。

【0034】線形摩擦溶接の前に、支持部206の外側面208における少なくともエアフォイル204の基部に隣接する部分に仕上げ加工が施されることが望ましい。仕上げ加工には、外側面208とエアフォイル204の面との間にフィレット部214を形成することが含まれることが望ましい。フィレット部214は、交換ブレード92（図3参照）のフィレット部160と実質的に同じである。エンジンの作動時には、フィレット部214の基部216において、フィレット部214の表面が支持部206の外側面208に対して正接する部分で高い応力の集中が起こるおそれがある。

【0035】基部202は、長手方向軸218と幅220を有する細長い形状を有することが望ましい。基部202の長手方向軸218は、交換ブレード200のエアフォイル204の基部における翼弦に対して実質的に平行に設けられることが望ましい。基部202の幅220は、スロット90の幅とほぼ一致するように設けられることが望ましいが、実施例によっては、幾分か大きいまたは小さい幅とすることもできる。

【0036】2つの耳部222が基部202に取り付けられており、これらの耳部222は、線形摩擦溶接時に基部202を保持するために使用される。従って、基部202は、基部122（図3参照）上に設けられた反対向きの面142、144と同様の長手方向及び側面方向に反対向きの面を有する必要がある。線形摩擦溶接において、耳部222を通じて基部202に振動性の力が加えられる。これらの耳部222は、更に圧縮力を伝達するために使用することもできるが、圧縮力は、外側面208を通じて基部に加えられる方が望ましい。一つの実施例では、耳部222は、長手方向に反対向きの一対の

面224と側面方向で反対向きの一対の面226を有し、これらの面224、226は、（仮想線で示された）シャトル230が耳部222を保持するための位置として機能する。線形摩擦溶接時には、シャトル230は、線形摩擦溶接装置（図示省略）から力を受け、耳部222を通じてこの力を基部202に伝達する。他の実施例では、耳部222は、耳部222を保持するかまたはこれに力を加えるための位置として機能する（仮想線で示された）孔232を有する。

【0037】残りの修理工程は、前述した基部122をリム部46（図4及び図5参照）に線形摩擦溶接するための方法と同様であるが、この実施例では、支持部206の外側面208における側方端234がディスク42の径方向外側面48と実質的に同一面またはほぼ実質的に同一面となるまで摩擦溶接が続けられる。従って、鋳ばりを除去することを除いて、外側面208の側方端234をディスク42の径方向外側面48と実質的に同一の面とするために機械加工を全くもしくは少ししか施す必要がない。耳部222は、例えば切取りまたは機械加工など、なんらかの都合のよい方法で基部202から取り除かれる。

【0038】交換ブレード200は、交換ブレード92（図3参照）と実質的に同じ方法で製造されることが望ましい。支持部206は、続いて、上記した形状に機械加工することができる。耳部222は、ブレード200を製造した後に、電子ビーム溶接などのなんらかの都合のよい方法で取り付けることが望ましい。耳部222を予め備えた基部202とともにブレード200を形成することもできる。

【0039】図5に示したようなブレード一体型ロータ段を当初の部品として製造するために、本発明の方法及び装置を使用することもできる。当初の部品製造のための工程には、ディスク42と同様のディスクを用い、このディスクにスロット部90（図3参照）と同様の複数のスロット部を形成し、ブレード92（図3参照）またはブレード200（図8参照）と同様の複数のブレードを上記スロットに線形摩擦溶接することが含まれる。上記ディスクは、従来のブレードを含むロータアセンブリ用のディスクを製造するために一般に使用されている従来の鍛造工程を使用して製造することができる。このディスクは、スロットを形成してブレードを結合する前に、旋盤内でのディスクの機械加工などによって最終形状に形成されることが望ましい。ディスクをこのように予め形成することで、5軸ミリングなどのような複雑でかつ費用の高い機械加工処理を行う必要性が小さくなる。これに続いて、ディスク内に複数のスロットが形成され、ブレードがこれらのスロット内に溶接される。ディスクの溶接は、修理工程に関して上記で説明したような方法で、通常1ブレードずつ行われる。仕上げ加工を行う前に、すべてのブレードをディスクに溶接すること

が望ましい。溶接が終わると、鋳ばりが除去され、全てのブレードに仕上げ加工が施される。仕上げ加工は、ブレード一体型ロータ段を完成させるために、修理工程に関して上記で説明したような方法で、通常 1 ブレードずつ行われる。

【0040】本発明は、ブレード一体型ロータ段を製造及び修理するために使用される改善された方法を提供する。従来のスタップ部を用いた工程とは異なり、本発明の工程は、当初の部品製造だけでなく修理で使用することもできる。更に、本発明では、線形摩擦溶接において、根部 126 と凹面 96 とは、実質的に接触するので、スロット部 90 の基部での鋳ばりの集積が防止される。従って、それぞれ反対側に面した収束面を備える実質的にウェッジ形状の根部と対向する分岐面を有する軸方向のスロット部とを使用する従来の方法よりも、基部 122 とリム部 46 との間に形成される溶接部は、実質的に連続するとともに、不純物が少なく即ち高品質でかつ欠陥が少なくなる。更に、少なくとも実質的かつ区分的に滑らかな形状の断面または約 45 度以下の傾斜角を有する凹面 96 を備えたスロット部 90 を含む本発明の実施例では、更に高品質の接合部が形成される。また、好適実施例では、支持部 206 の外側面 208 は、ディスク 42 の径方向外側面 48 と実質的に同一の平面となり、これにより、ブレードより延びた根部やプラットフォームを有する従来のブレードを使用する従来のブレード一体型ロータアセンブリよりも、かなり軽量のブレード一体型ロータを形成することが可能となる。更に、通常、隣接ブレード間にシールを設ける必要がなくなり、線形摩擦溶接の端部は、通常、流路内に位置する。

【0041】本発明を、線形摩擦溶接を使用する好適実施例に基づいて開示したが、他の実施例では他のタイプの摩擦溶接もしくは他のタイプの結合方法を用いることができる。このような他の実施例では、基部及びスロット部は、使用される特定のタイプの溶接方法に適応するような形状に設けられる。よって、基部及びスロット部を、必ずしも線形に設ける必要はなく、長手方向軸は、基準として用いられるだけでよい。

【0042】ブレード一体型ファンロータの製造及び修理で用いられる実施例に即して本発明を説明してきたが、この説明は、限定的に解釈されるためのものではない。本発明は、どのようなブレード一体型ロータの製造または修理でも使用可能であり、特に、ガスタービンエンジンの圧縮セクションにおける一体型ロータに対して使用することができる。付随する請求項に記載した本発明の趣旨から離れない範囲での実施例の追加とともに、上記実施例に関する種々の変更は、当業者が本明細書を参照することによって明らかとなる。従って、付随する請求項は、本発明の真の範囲に含まれる上記のような変更または実施例を含むものであると考えられる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】軸流ターボファンガスタービンエンジンの概略図である。

【図 2】本発明に係る方法を用いて修理することができる損傷したエアフォイルを有する、図 1 のガスタービンエンジン内で使用されるロータアセンブリの部分説明図である。

【図 3】損傷したブレードを取り除くとともにディスクのリム部にスロットを形成した図 2 のロータアセンブリと交換ブレードとの部分説明図である。

【図 4】線形摩擦溶接のために図 3 の交換ブレードとロータアセンブリとを配置した部分説明図である。

【図 5】線形摩擦溶接を行って結合させた後に仕上げ加工を施した図 4 の交換ブレードとロータアセンブリとの部分説明図である。

【図 6】実質的に滑らかな面によって画定されるスロット部の断面を示したディスクリム部の部分横断面図である。

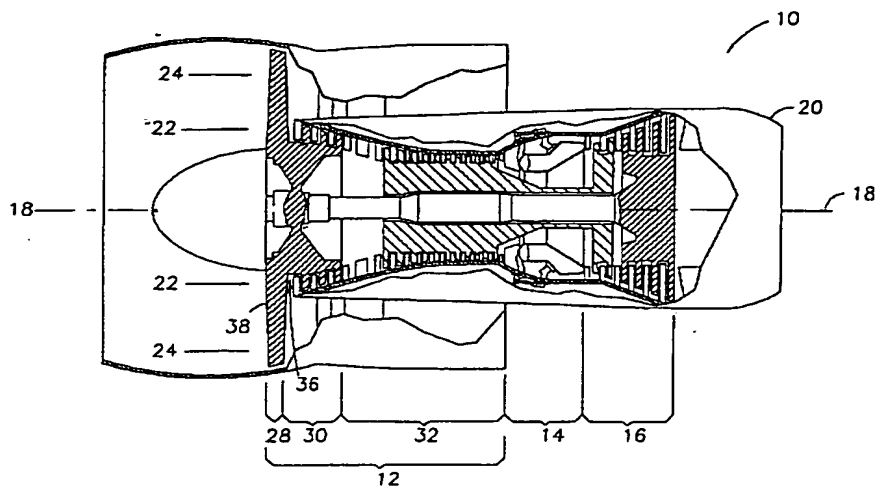
【図 7】好適実施例におけるスロット部の断面を示した図 3 のディスクリム部の部分横断面図である。

【図 8】交換ブレードの第二の実施例を示した図 3 のロータアセンブリの部分説明図である。

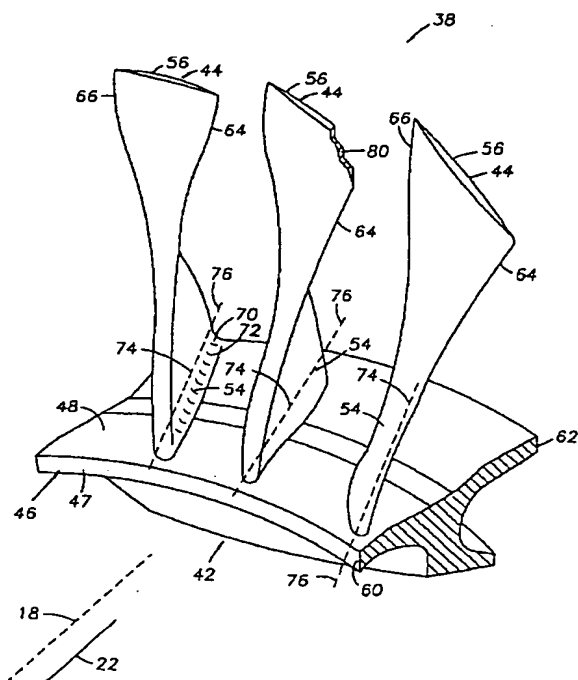
【符号の説明】

- 18…長手方向軸
- 38…ファンロータ段
- 44…ブレード
- 46…リム部
- 48…ディスクの径方向外側面
- 60…ディスクの上流端
- 62…ディスクの下流端
- 74…翼弦
- 90…スロット部
- 92…交換ブレード
- 94…スロット部の長手方向軸
- 96…凹面
- 98, 100…凹面の端部
- 120…エアフォイル
- 122…基部
- 124…支持部
- 126…根部
- 128…外側面
- 130…根部面
- 142…基部の長手方向に反対向きの面
- 144…基部の側面方向に反対向きの面
- 170…スロット部の端部断面
- 176…スロット部の幅
- 180…基部の長手方向軸
- 182…基部の長さ
- 184…基部の幅
- 186…基部の翼弦

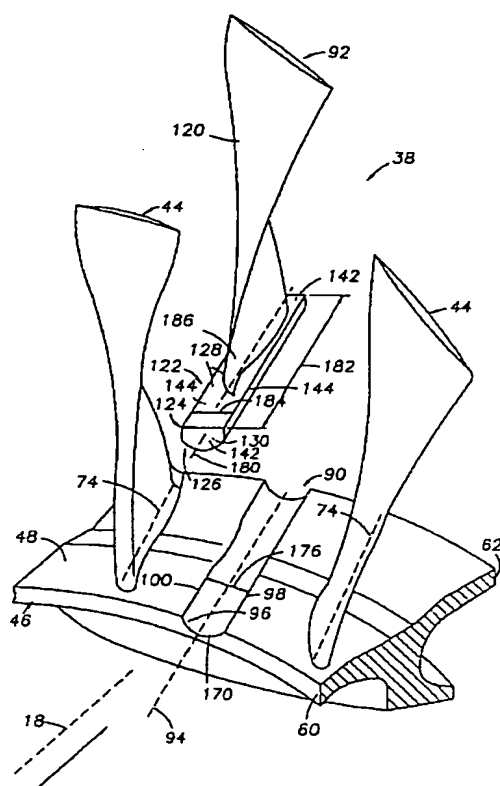
【図 1】



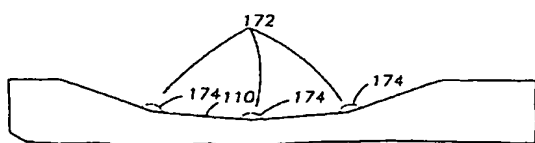
【図 2】



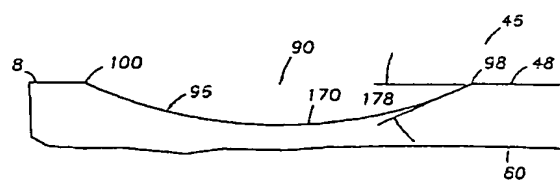
【図 3】



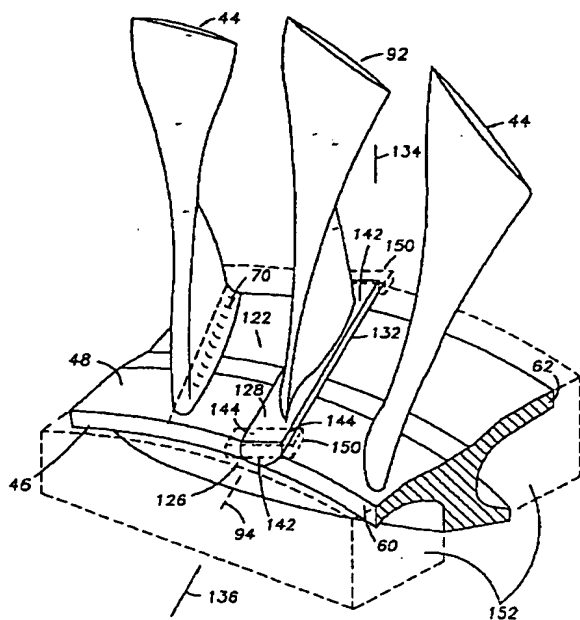
【図 6】



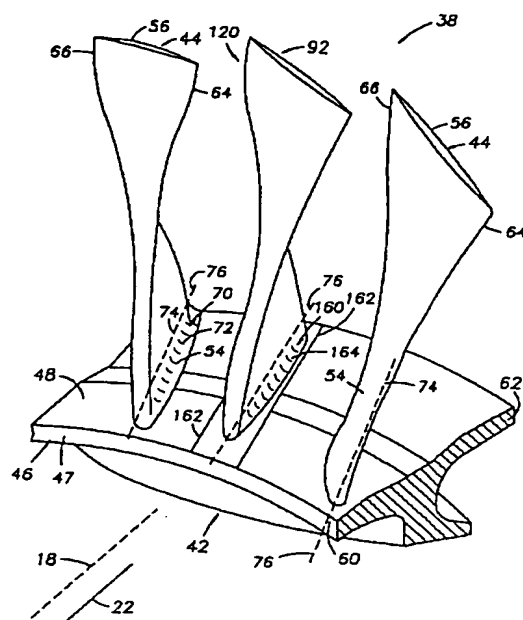
【図 7】



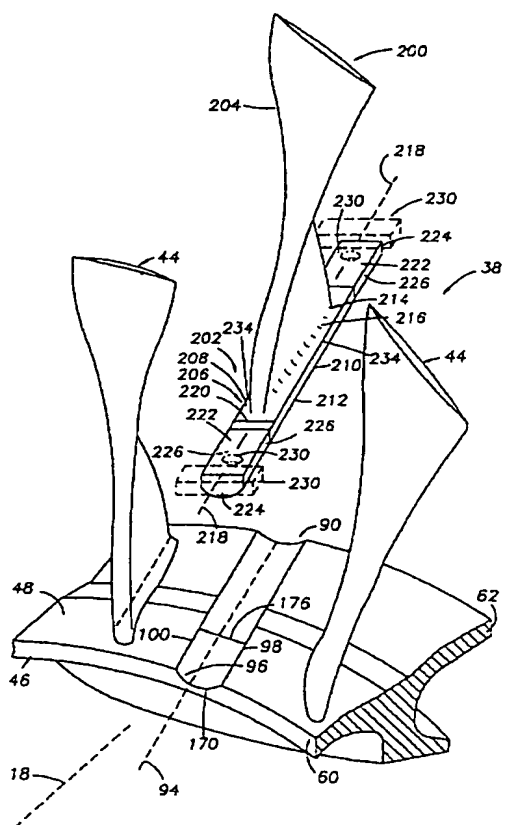
【図4】



【図5】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 ステファン エイ. ヒルトン  
アメリカ合衆国, コネチカット, ヴァーノ  
ン, ランジ ヒル ドライブ 93

(72)発明者 ジョアン バービリー  
アメリカ合衆国, コネチカット, ヴァーノ  
ン, オーヴァーブルック ロード 49

(72)発明者 ジョン ビー. フォウナー  
アメリカ合衆国, コネチカット, ポートラ  
ンド, メインストリート 491

(72)発明者 リチャード ディー. トラスク  
アメリカ合衆国, コネチカット, シムズベ  
リー, ノッドブルック ドライブ 10